

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6163833号  
(P6163833)

(45) 発行日 平成29年7月19日(2017.7.19)

(24) 登録日 平成29年6月30日(2017.6.30)

(51) Int.Cl.	F 1
HO3H 9/19 (2006.01)	HO3H 9/19 F
HO3H 3/02 (2006.01)	HO3H 3/02 B
HO3H 9/10 (2006.01)	HO3H 9/10
HO3B 5/32 (2006.01)	HO3B 5/32 H

請求項の数 8 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2013-75327 (P2013-75327)  
 (22) 出願日 平成25年3月29日 (2013.3.29)  
 (65) 公開番号 特開2014-200042 (P2014-200042A)  
 (43) 公開日 平成26年10月23日 (2014.10.23)  
 審査請求日 平成28年3月25日 (2016.3.25)

(73) 特許権者 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号  
 (74) 代理人 100091292  
 弁理士 増田 達哉  
 (74) 代理人 100091627  
 弁理士 朝比 一夫  
 (72) 発明者 今村 剛  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
 エプソン株式会社内  
 (72) 発明者 和田 充洋  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
 エプソン株式会社内

審査官 小林 正明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電子部品、電子部品の製造方法、電子機器および移動体

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基材と、

前記基材の表面から、下地層、中間層、および上層が順に積層されている電極層と、  
 を含み、

前記下地層は、第1主成分を含み、

前記上層は、第2主成分を含み、

前記中間層は、前記第2主成分を80質量%以上の含有率で含む粒子状組織と、複数の  
 前記粒子状組織の間に分布し前記第1主成分を80質量%以上の含有率で含む粒界組織と  
 、を有し、

前記中間層の前記上層側の面には、前記第1主成分の酸化物または窒化物を有する第1  
 領域と、前記第2主成分を有する第2領域と、を含むことを特徴とする電子部品。

## 【請求項 2】

前記中間層は、前記中間層の前記下地層側の面から前記上層側の面までの間に前記第1  
 主成分を有するとともに、

前記中間層は、前記中間層の前記上層側の面から前記中間層の厚さ方向に前記中間層の  
 厚さよりも短い長さまでの範囲に、前記第1主成分の酸化物または窒化物を有する請求項  
 1に記載の電子部品。

## 【請求項 3】

前記中間層は、厚さ方向に沿って前記上層側から前記下地層側に向かって酸素含有率が

低下する酸素分布、または厚さ方向に沿って前記上層側から前記下地層側に向かって窒素含有率が低下する窒素分布を有している請求項 1 または 2 に記載の電子部品。

【請求項 4】

前記基材は、圧電材料であり、

前記電極層は、前記基材を励振させる電極である請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の電子部品。

【請求項 5】

さらに、前記基材を発振させる発振回路を備えている請求項 4 に記載の電子部品。

【請求項 6】

基材を準備する工程と、

10

前記基材の表面に第 1 主成分を含む下地層を形成する工程と、

前記下地層の表面に中間層形成層を形成する工程と、

前記下地層内にある前記第 1 主成分を前記中間層形成層へ拡散させることにより、前記中間層形成層内において、前記第 2 主成分を 80 質量 % 以上の含有率で含む粒子状組織と、複数の前記粒子状組織の間に分布し前記第 1 主成分を 80 質量 % 以上の含有率で含む粒界組織と、を形成する工程と、

前記中間層形成層内にある前記第 1 主成分を酸化または窒化させ、中間層を得る工程と、

前記中間層の表面に第 2 主成分を含む上層を形成する工程と、  
を含むことを特徴とする電子部品の製造方法。

20

【請求項 7】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の電子部品を備えていることを特徴とする電子機器。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の電子部品を備えていることを特徴とする移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子部品、電子部品の製造方法、電子機器および移動体に関するものである  
。

30

【背景技術】

【0002】

水晶等の圧電材料を用いた圧電デバイスは、圧電振動子、共振器、フィルターといった電子部品として多くの分野で用いられている。

このうち、圧電振動子は、時刻源や制御信号等のタイミング源、リファレンス信号源等として、電子機器類に多用されている。圧電振動子は、圧電振動片と、圧電振動片の振動領域の両主面に設けられた励起電極と、を備えている。この励起電極にはバンプ等が接合され、このバンプ等を介して励起電極に電圧が印加されることにより、圧電振動片が励振する。

40

【0003】

特許文献 1 には、水晶からなる圧電基板の表面にクロムやニッケルからなる下地電極を設け、その上に銀やチタンからなるバリア層を設け、さらにその上に金からなる主電極を設けた 3 層構造の電極を備えた振動子が開示されている。このようなバリア層を設けたことにより、下地電極の材料が主電極表面に析出するのを防止し、主電極とバンプとの間を安定して接合することを試みている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2006 - 101244 号公報

50

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、バリア層に用いられる銀やチタンといった金属元素も、加熱処理によって主電極の表面に析出するおそれがある。この析出とともに酸化反応が生じるため、それによって主電極とバンプとの間の安定的な接合が阻害されるおそれがある。

本発明の目的は、高い接合強度と高い電気伝導性とを両立させ得る電極構造を備えた電子部品、かかる電極構造を備えた電子部品を容易に製造可能な電子部品の製造方法、前記電子部品を備えた信頼性の高い電子機器および移動体を提供することにある。

**【課題を解決するための手段】**

10

**【0006】**

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

**【形態1】**

本発明の電子部品は、基材と、

前記基材の表面から、下地層、中間層、および上層が順に積層されている電極層と、を含み、

前記下地層は、第1主成分を含み、

前記上層は、第2主成分を含み、

前記中間層は、前記第2主成分を80質量%以上の含有率で含む粒子状組織と、複数の前記粒子状組織の間に分布し前記第1主成分を80質量%以上の含有率で含む粒界組織と、を有し、

20

前記中間層の前記上層側の面には、前記第1主成分の酸化物または窒化物を有する第1領域と、前記第2主成分を有する第2領域と、を含むことを特徴とする。

これにより、第1領域によって中間層から上層への下地層の主成分（第1主成分）の拡散が抑制されるため、上層と接合相手との接合強度の低下が抑制されるとともに、第2領域によって中間層と上層との間の接触抵抗の減少および層間密着強度の向上を図ることができるので、高い接合強度と高い電気伝導性とを両立させ得る電極構造を備えた電子部品が得られる。

また、これにより、中間層は、上層の主成分（第2主成分）の金属結晶の存在によってそれ自体の機械的特性が向上し、電極構造の層間の密着性を特に高めることができる。また、第2主成分の金属結晶の存在は、中間層の電気伝導性の向上につながる。このため、厚さ方向の内部抵抗を特に抑制し、電極構造の電気伝導性を特に高めることができる。

30

**【形態2】**

本発明の電子部品では、前記中間層は、前記中間層の前記下地層側の面から前記上層側の面までの間に前記第1主成分を有するとともに、

前記中間層は、前記中間層の前記上層側の面から前記中間層の厚さ方向に前記中間層の厚さよりも短い長さまでの範囲に、前記第1主成分の酸化物または窒化物を有することが好ましい。

これにより、第1領域を形成しやすいという利点がある。すなわち、中間層において、第1主成分の拡散によって第1主成分の拡散経路を形成した後、第1主成分が中間層の上面に露出している領域（第1主成分の拡散経路の最表面）から深さ方向に向かって第1主成分の一部分を酸化または窒化されることにより、第1領域とそれ以外の第2領域とを容易かつ確実に形成することができる。

40

**【形態3】**

本発明の電子部品では、前記中間層は、厚さ方向に沿って前記上層側から前記下地層側に向かって酸素含有率が低下する酸素分布、または厚さ方向に沿って前記上層側から前記下地層側に向かって窒素含有率が低下する窒素分布を有していることが好ましい。

これにより、第1領域を構成する第1主成分の酸化物は、中間層から剥離することなく強固に密着するものとなるため、第1領域は、第1主成分の拡散を抑制するという機能を

50

より十分に発揮し得るものとなる。

[形態4]

本発明の電子部品では、前記基材は、圧電材料であり、前記電極層は、前記基材を励振させる電極であることが好ましい。

これにより、高い接合強度と高い電気伝導性とを両立させ得る電極構造を備えた信頼性の高い電子部品としての振動片が得られる。

[形態5]

本発明の電子部品では、さらに、前記基材を発振させる発振回路を備えていることが好ましい。

これにより、高い接合強度と高い電気伝導性とを両立させ得る電極構造を備えた信頼性の高い電子部品としての発振器が得られる。 10

[形態6]

本発明の電子部品の製造方法は、基材を準備する工程と、

前記基材の表面に第1主成分を含む下地層を形成する工程と、

前記下地層の表面に中間層形成層を形成する工程と、

前記下地層内にある前記第1主成分を前記中間層形成層へ拡散させることにより、前記中間層形成層内において、前記第2主成分を80質量%以上の含有率で含む粒子状組織と、複数の前記粒子状組織の間に分布し前記第1主成分を80質量%以上の含有率で含む粒界組織と、を形成する工程と、

前記中間層形成層内にある前記第1主成分を酸化または窒化させ、中間層を得る工程と 20

、  
前記中間層の表面に第2主成分を含む上層を形成する工程と、  
を含むことを特徴とする。

これにより、高い接合強度と高い電気伝導性とを両立させ得る電極構造を備えた電子部品を容易に製造することができる。

[形態7]

本発明の電子機器は、本発明の電子部品を備えていることを特徴とする。

これにより、信頼性の高い電子機器が得られる。

[形態8]

本発明の移動体は、本発明の電子部品を備えていることを特徴とする。 30

これにより、信頼性の高い移動体が得られる。

[適用例1]

本発明の電子部品は、基材と、

前記基材の表面から下地層、中間層および上層が順に積層されている電極層と、  
を含み、

前記中間層は、前記下地層の主成分と前記上層の主成分とを含み、

前記中間層の前記上層側の面は、前記下地層の主成分の酸化物または窒化物である第1領域と、前記上層の主成分である第2領域と、を含むことを特徴とする。

これにより、第1領域によって中間層から上層への下地層の主成分の拡散が抑制されるため、上層と接合相手との接合強度の低下が抑制されるとともに、第2領域によって中間層と上層との間の接触抵抗の減少および層間密着強度の向上を図るので、高い接合強度と高い電気伝導性とを両立させ得る電極構造を備えた電子部品が得られる。 40

【0007】

[適用例2]

本発明の電子部品では、前記中間層は、前記中間層の前記下地層側の面から前記上層側の面の間に前記下地層の主成分があるとともに、

前記中間層の前記上層側の面には、部分的に前記下地層の主成分の酸化物または窒化物があることが好ましい。

これにより、第1領域を形成し易いという利点がある。すなわち、中間層における下地層の主成分の拡散によって拡散経路を形成した後、中間層の上面に露出している領域（下 50

地層の主成分の拡散経路の最表面)を部分的に酸化または窒化させることにより、第1領域とそれ以外の第2領域とを容易かつ確実に形成することができる。

【0008】

[適用例3]

本発明の電子部品では、前記中間層は、前記下地層の主成分が前記上層の主成分の粒界にあることが好ましい。

これにより、中間層は、上層の主成分の金属結晶の存在によってそれ自体の機械的特性が向上し、電極構造の層間の密着性を特に高めることができる。また、上層の主成分の金属結晶の存在は、中間層の電気伝導性の向上につながる。このため、厚さ方向の内部抵抗を特に抑制し、電極構造の電気伝導性を特に高めることができる。

10

【0009】

[適用例4]

本発明の電子部品では、前記中間層は、厚さ方向に沿って前記上層側から前記下地層側に向かって酸素含有率が低下する酸素分布または窒素含有率が低下する窒素分布を有していることが好ましい。

これにより、第1領域を構成する下地層の主成分の酸化物は、中間層から剥離することなく強固に密着するものとなるため、第1領域は、下地層の主成分の拡散を抑制するという機能をより十分に発揮し得るものとなる。

【0010】

[適用例5]

20

本発明の電子部品では、前記基材は、圧電材料で構成されており、当該電子部品は、前記電極層により前記基材が励振される振動子であることが好ましい。

これにより、高い接合強度と高い電気伝導性とを両立させ得る電極構造を備えた信頼性の高い振動子が得られる。

【0011】

[適用例6]

本発明の電子部品では、さらに、前記振動子を発振させる発振回路を備えていることが好ましい。

これにより、高い接合強度と高い電気伝導性とを両立させ得る電極構造を備えた信頼性の高い発振器が得られる。

30

【0012】

[適用例7]

本発明の電子部品の製造方法は、基材を準備する工程と、  
前記基材の表面に下地層を形成する工程と、  
前記下地層の表面に中間層を形成する工程と、  
前記下地層の主成分を前記中間層へ拡散させる工程と、  
前記下地層の主成分を酸化または窒化させる工程と、  
前記中間層の表面に上層を形成する工程と、  
を含むことを特徴とする。

これにより、高い接合強度と高い電気伝導性とを両立させ得る電極構造を備えた電子部品を容易に製造することができる。

40

【0013】

[適用例8]

本発明の電子機器は、本発明の電子部品を備えていることを特徴とする。

これにより、信頼性の高い電子機器が得られる。

[適用例9]

本発明の移動体は、本発明の電子部品を備えていることを特徴とする。

これにより、信頼性の高い移動体が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

50

【図1】本発明の電子部品の実施形態を適用した振動子を示す平面図である。

【図2】図1中のA-A線断面図である。

【図3】図1に示す振動子が有する振動片の平面図である。

【図4】図2の一部を拡大して示す部分拡大図である。

【図5】図4に示す中間層の上面を模式的に示す平面図である。

【図6】本発明の電子部品の実施形態を適用した発振器を示す断面図である。

【図7】本発明の電子部品の実施形態を適用した半導体素子を示す部分断面図である。

【図8】図4に示す電極層の形成方法を説明するための断面図である。

【図9】本発明の電子部品を備える電子機器を適用したモバイル型（またはノート型）のパソコン用コンピューターの構成を示す斜視図である。 10

【図10】本発明の電子部品を備える電子機器を適用した携帯電話機（PHSも含む）の構成を示す斜視図である。

【図11】本発明の電子部品を備える電子機器を適用したデジタルスチルカメラの構成を示す斜視図である。

【図12】本発明の移動体の一例としての自動車を概略的に示す斜視図である。

【図13】実施例2で得られた電極サンプルについてのX線光電子分光分析法（XPS）による定性定量分析の分析結果である。

【図14】実施例2、各比較例および参考例で得られた電極サンプルについての層間剥離強度の測定結果である。

【発明を実施するための形態】 20

【0015】

以下、本発明の電子部品、電子部品の製造方法、電子機器および移動体について、添付図面に示す好適実施形態に基づいて詳細に説明する。

〔電子部品〕

〈振動子〉

まず、本発明の電子部品の実施形態を適用した振動子について説明する。

図1は、本発明の電子部品の実施形態を適用した振動子を示す平面図、図2は、図1中のA-A線断面図、図3は、図1に示す振動子が有する振動片の平面図である。なお、以下の説明では、図2中の上側を「上」、下側を「下」として説明する。

図1、2に示すように、振動子1は、パッケージ110と、パッケージ110内に収容された振動片190と、を有している。 30

【0016】

（振動片）

図3(a)、(b)に示すように、振動片190は、平面視形状が長方形（矩形）の板状をなす圧電基板191と、圧電基板191の表面に形成された導電性を有する一対の電極層193、195と、を有している。なお、図3(a)は、振動片190の上面を上方から見た平面図であり、図3(b)は、振動片190の下面を上方から見た透過図（平面図）である。

【0017】

圧電基板191は、主として厚み滑り振動をする水晶素板である。 40

本実施形態では、圧電基板191としてATカットと呼ばれるカット角で切り出された水晶素板を用いている。なお、ATカットとは、水晶の結晶軸であるX軸とZ軸とを含む平面（Y面）をX軸回りにZ軸から反時計方向に約35度15分程度回転させて得られる主面（X軸とZ'軸とを含む主面）を有するように切り出されていることをいう。

また、圧電基板191は、その長手方向が水晶の結晶軸であるX軸と一致している。

【0018】

電極層193は、圧電基板191の上面に形成された励振電極193aと、圧電基板191の下面に形成されたボンディングパッド193bと、励振電極193aとボンディングパッド193bとを電気的に接続する配線193cと、を有している。

一方、電極層195は、圧電基板191の下面に形成された励振電極195aと、圧電 50

基板 191 の下面に形成されたボンディングパッド 195b と、励振電極 195a およびボンディングパッド 195b を電気的に接続する配線 195c と、を有している。

【0019】

励振電極 193a および励振電極 195a は、圧電基板 191 を介して互いに対向して設けられ、互いにほぼ同じ形状をなしている。すなわち、圧電基板 191 を平面視したとき（圧電基板 191 の厚さ方向からみたとき）、励振電極 193a および励振電極 195a は、互いに重なるように位置し、かつ、互いの輪郭が一致するように形成されている。

また、ボンディングパッド 193b、195b は、圧電基板 191 の下面の図 3 中右側の端部に互いに離間して形成されている。

【0020】

このような電極層 193、195 は、それぞれ下地層と中間層と上層とで構成された 3 層構造を有している。なお、この電極層 193、195 については、後に詳述する。また、上記説明では、AT カットの水晶素板を例に説明しているが、このカット角は特に限定されるものではなく、Z カットや BT カット等であってもよい。また、圧電基板 191 の形状は、特に限定されず、二脚音叉、H 型音叉、三脚音叉、くし歯型、直交型、角柱型等の形状であってもよい。

【0021】

（パッケージ）

図 1 および図 2 に示すように、パッケージ 110 は、上面に開放する凹部 121 を有するベース 120 と、凹部 121 の開口を塞ぐリッド 130（蓋体）とを有している。このようなパッケージ 110 では、リッド 130 により塞がれた凹部 121 の内側が前述した振動片 190 を収納する収納空間 S として用いられる。

【0022】

ベース 120 は、板状の基部 123 と、基部 123 の上面に設けられた枠状の側壁 124 と、を有し、これによりベース 120 の上面の中央部に開放する凹部 121 が形成されている。

ベース 120 の構成材料としては、絶縁性を有していれば特に限定されず、例えば、アルミナ、シリカ、チタニア、ジルコニア等の酸化物系セラミックス、窒化珪素、窒化アルミ、窒化チタン等の窒化物系セラミックス、炭化珪素等の炭化物系セラミックス等の各種セラミックス等を用いることができる。

【0023】

基部 123 の上面には、一対の接続電極 141、151 が形成されている。一方、基部 123 の下面には、一対の外部実装電極 142、152 が形成されている。そして、基部 123 には、その厚さ方向に貫通する貫通電極 143、153 が形成されており、貫通電極 143 を介して接続電極 141 と外部実装電極 142 とが電気的に接続され、貫通電極 153 を介して接続電極 151 と外部実装電極 152 とが電気的に接続されている。

【0024】

接続電極 141、151、外部実装電極 142、152 および貫通電極 143、153 の構成材料としては、特に限定されず、例えば、金 (Au)、金合金、白金 (Pt)、アルミニウム (Al)、アルミニウム合金、銀 (Ag)、銀合金、クロム (Cr)、クロム合金、ニッケル (Ni)、銅 (Cu)、モリブデン (Mo)、ニオブ (Nb)、タンタル (Ta)、鉄 (Fe)、チタン (Ti)、コバルト (Co)、亜鉛 (Zn)、ジルコニア (Zr) 等の金属材料を用いることができる。

【0025】

また、側壁 124 の上面には、枠状のメタライズ層 170 が設けられている。このメタライズ層 170 は、後述するろう材 180 との密着性を高めるものである。これにより、ろう材 180 によるベース 120 とリッド 130 との接合強度を高めることができる。

メタライズ層 170 の構成材料としては、ろう材 180 との密着性を高めることができるものであれば、特に限定されないが、例えば、前述した接続電極 141、151 等の構成材料で挙げたような金属材料を用いることができる。

10

20

30

40

50

## 【0026】

リッド130は、金属平板を加工したものであって、主に平板状をなしている。

また、リッド130の構成材料（金属材料）としては、特に限定されないが、ベース120の構成材料と線膨張係数が近似する金属材料を用いることが好ましい。したがって、例えば、ベース120をセラミックス基板とした場合には、リッド130の構成材料としてはコバール等のFe-Ni-Co系合金、42アロイ等のFe-Ni系合金等の合金を用いることが好ましい。

リッド130をベース120に対して接合する方法としては、特に限定されないが、例えば、リッド130をベース120上に載置した状態で、リッド130の縁部にレーザーを照射し、メタライズ層170およびろう材180を加熱、溶融させ、これにより、リッド130をベース120に接合する方法が挙げられる。

## 【0027】

このようなリッド130の下面には、ろう材180が設けられている。本実施形態では、ろう材180は、リッド130の下面の全域に亘って設けられている。なお、ろう材180は、リッド130の下面の外周部のみに設けられていてもよい。

そして、リッド130は、ろう材180とメタライズ層170との溶着によりベース120に接合されている。

ろう材180としては、特に限定されず、例えば、金ろう、銀ろうなどを用いることができるが、銀ろうを用いるのが好ましい。また、ろう材180の融点としては、特に限定されないが、例えば、800以上1000以下程度であるのが好ましい。

## 【0028】

このようなパッケージ110の収納空間Sには、前述した振動片190が収納されている。収納空間Sに収納された振動片190は、一対の導電性接着剤161、162を介してベース120に片持ち支持されている。

導電性接着剤161は、接続電極141とボンディングパッド193bとに接触して設けられており、これにより、接続電極141とボンディングパッド193bとを電気的に接続している。同様に、導電性接着剤162は、接続電極151とボンディングパッド195bとに接触して設けられており、これにより、接続電極151とボンディングパッド195bとを電気的に接続している。

なお、導電性接着剤161、162は、それぞれ導電性金属材料で代替することができる。導電性金属材料としては、特に限定されないが、例えば、前述した接続電極141、151等の構成材料で挙げたような金属材料が挙げられる。

## 【0029】

## (電極層)

図4は、図2の一部を拡大して示す部分拡大図である。なお、図4では、図2とは上下を反転させている。

図4(a)に示す振動片190の電極層193は、それぞれ、圧電基板191の表面に形成された下地層196と、下地層196の表面に形成された中間層197と、中間層197の表面に形成された上層198と、で構成された3層構造を有している。

このうち、中間層197は、下地層196の主成分である下地層主成分（第1主成分）と、上層198の主成分である上層主成分（第2主成分）と、を含んでいる。また、中間層197の上層198に隣接する面は、主として下地層主成分の酸化物で占められている第1領域1971と、主として上層主成分で占められている第2領域1972と、を含んでいる。

## 【0030】

下地層196と中間層197との間は、従来の下地層と上層との間の密着性と同等の密着性を有し、中間層197と上層198との間は、中間層197の第2領域1972と上層主成分とが同一成分であることから、従来の下地層と上層との間の密着性よりも高い密着性を有する。

また、このような中間層197によれば、導電性接着剤161、162に代えて導電性

10

20

30

40

50

金属材料を用いた場合、電極層 193、195 と導電性金属材料との融着による接合強度をより高めることができる。これは、中間層 197 の上面に、主として下地層主成分の酸化物で占められている第 1 領域 1971 を設けたことによるものである。具体的には、下地層主成分と上層主成分とが隣接している場合、従来の電極構造では、下地層主成分が上層側に拡散し、電極層と導電性金属材料との融着を阻害するという問題があった。これに対し、中間層 197 の上面に第 1 領域 1971 を設けたことにより、下地層主成分が第 1 領域 1971 によって遮られ、それ以上は上層 198 側に拡散し難くなる。このため、上層 198 では上層主成分の含有率が高く維持されることとなり、電極層 193、195 と導電性金属材料との融着において下地層主成分の悪影響を受けることなく接合強度を高めることができる。

10

#### 【0031】

さらには、このような中間層 197 によれば、電極層 193、195 の厚さ方向における電気伝導性をより高めることができる。これは、中間層 197 の上面に、第 1 領域 1971 と第 2 領域 1972 を併設したことによるものである。具体的には、第 2 領域 1972 は、上層 198 の主成分である上層主成分で占められた領域であることから、この第 2 領域 1972 と上層 198 との接触抵抗の低下を図ることができる。このため、上層 198 から中間層 197 を経て下地層 196 に至る経路における内部抵抗を最小限に抑え、電極層 193、195 の厚さ方向の電気伝導性を高めることができる。なお、電極層 193、195 の厚さ方向の電気伝導性を高めることにより、振動片 190 のクリスタルインピーダンス (C I) 値の低下を図ることができる。これにより、振動片 190 が振動し易くなり、振動子 1 の振動安定性をより高めることができる。

20

#### 【0032】

下地層 196 の構成材料である下地層主成分としては、圧電基板 191 に対して密着性を有する材料が挙げられ、具体的には、クロム (Cr)、ニッケル (Ni)、チタン (Ti)、タンゲステン (W)、銀 (Ag)、アルミニウム (Al) 等が挙げられる。したがって、下地層 196 の構成材料には、これらの金属元素の 1 種または 2 種以上の混合物 (合金を含む。) が用いられる。また、下地層 196 の構成材料には、クロムまたはニッケルの単体またはこれらのいずれかを含む混合物 (合金を含む。) が好ましく用いられる。なお、下地層 196 の構成材料には、下地層主成分の他に上記とは別の金属元素および非金属元素 (例えば、Si、C、B 等) を含んでいてもよいが、その場合、下地層 196 における下地層主成分の含有率は 50 質量 % 以上であるのが好ましい。

30

下地層 196 の平均厚さは、特に限定されないが、3 nm 以上 300 nm 以下程度であるのが好ましく、3 nm 以上 250 nm 以下程度であるのがより好ましい。下地層 196 の平均厚さを前記範囲内に設定することにより、圧電基板 191 に対して十分な密着性が確保される。

#### 【0033】

一方、上層 198 の構成材料である上層主成分としては、電気伝導性が特に高い材料が挙げられ、具体的には、金 (Au)、白金 (Pt) のような貴金属元素が挙げられる。したがって、上層 198 の構成材料には、これらの貴金属元素の 1 種または 2 種以上を含む混合物 (合金を含む。) が用いられる。なお、上層 198 の構成材料には、上層主成分の他に上記とは別の金属元素および非金属元素 (例えば、Si、C、B 等) を含んでいてもよいが、その場合、上層 198 における上層主成分の含有率は 50 質量 % 以上であるのが好ましい。

40

#### 【0034】

上層 198 の平均厚さは、特に限定されないが、10 nm 以上 1000 nm 以下程度であるのが好ましく、20 nm 以上 800 nm 以下程度であるのがより好ましい。上層 198 の平均厚さを前記範囲内に設定することにより、電極層 193、195 と導電性接着剤 161、162 との接触抵抗を抑え、両者間の電気伝導性を高めることができる。また、導電性接着剤 161、162 に代えて導電性金属材料を用いた場合、電極層 193、195 と導電性金属材料との接合強度をより高めることができる。

50

中間層 197 は、前述したように、下地層 196 の主成分である下地層主成分と、上層 198 の主成分である上層主成分と、を含んでいる。具体的には、中間層 197 には、上層主成分と下地層主成分とが固溶することなく、それぞれがある程度凝集しつつ相互に拡散しているのが好ましい。

【0035】

図 4 (b) は、図 4 (a) をさらに拡大して示す部分拡大図である。

図 4 (b) に示す中間層 197 は、主として上層主成分の結晶で構成された粒子状組織 1973 と、粒子状組織 1973 同士の隙間を埋めるように分布し、主として下地層主成分で構成された粒界組織 1974 と、を有している。

粒子状組織 1973 のうち、中間層 197 の上面に露出している領域が、前述した第 2 領域 1972 となる。一方、粒界組織 1974 のうち、中間層 197 の上面に露出している領域であって、下地層主成分の酸化物で構成されている領域が、前述した第 1 領域 1971 となる。

【0036】

中間層 197 が上述したような粒子状組織 1973 と粒界組織 1974 とを有していることにより、中間層 197 が奏する前述した効果がより顕著なものとなる。すなわち、上層主成分の金属結晶で構成された粒子状組織 1973 が含まれているため、中間層 197 自体の機械的特性が向上し、電極層 193、195 の層間の密着性を特に高めることができる。

また、中間層 197 を設けることにより上層 198 内への下地層主成分の拡散が抑制され、上層における上層主成分の金属結晶成分の占有率低下を抑えられるため、従来構造のような上層への電気伝導性の低い下地層主成分の拡散による電気伝導性の低下が抑制される。したがって、電極層 193、195 の電気伝導性を特に高めることができる。

【0037】

なお、粒子状組織 1973 の平均粒径は、特に限定されないが、1 nm 以上 100 nm 以下程度であるのが好ましい。この平均粒径は、例えば、中間層 197 の断面を走査型電子顕微鏡または透過型電子顕微鏡により観察し、画像上で粒子状組織 1973 の円相当径を求め、100 個の測定値の平均値として求めることができる。

また、上層主成分と下地層主成分との混在形態は、上記のものに限定されず、いかなる形態であってもよい。

【0038】

また、粒界組織 1974 は、図 4 (b) に示すように、中間層 197 を厚さ方向に貫通するよう分布している。この粒界組織 1974 のうち、中間層 197 の上面に露出している領域（第 1 領域 1971）は、部分的に下地層主成分の酸化物または窒化物等で構成されている。粒界組織 1974 が中間層 197 を厚さ方向に貫通していることにより、第 1 領域 1971 および第 2 領域 1972 を形成し易いという利点がある。すなわち、粒界組織 1974 は、下地層主成分が下地層 196 から上層 198 へと拡散する際の拡散経路となり得るが、このような下地層主成分の拡散によって拡散経路を形成した後、中間層 197 の上面に露出している領域を部分的に酸化させることにより、拡散経路を通じて下地層主成分がそれ以上拡散するのを抑制することができる。したがって、この方法により、上面近傍には下地層主成分の酸化物または窒化物、すなわち第 1 領域 1971 が容易かつ確実に形成され、この酸化物または窒化物が下地層主成分の拡散を抑制し得る拡散抑止機能を担う一方、それより下方では下地層主成分が酸化または窒化することなく存在し得るため、この非酸化物または非窒化物が中間層 197 と下地層 196 との密着性を確保する機能を担う。また、粒子状組織 1973 は、下地層主成分の拡散経路にはなり難いため、中間層 197 の上面に粒子状組織 1973 が露出している領域が第 2 領域 1972 となる。よって、粒界組織 1974 が中間層 197 の厚さ方向に貫通していることで、第 1 領域 1971 と第 2 領域 1972 とを容易かつ確実に形成可能になるという利点がある。

なお、粒界組織 1974 は、中間層 197 の厚さ方向を貫通しておらず、例えば中間層 197 の下面には露出していないくともよい。この場合であっても、上述したような効果が

10

20

30

40

50

得られる。

【0039】

また、粒界組織1974の酸素(窒素)含有率は、中間層197の厚さ方向において上層198側から下地層196側に向かって徐々に低下するよう分布しているのが好ましい。すなわち、粒界組織1974では、特に第1領域1971の酸素(窒素)含有率が相対的に高くなっている、そこから下地層196側に向かうにつれて酸素(窒素)含有率が徐々に低下しているのが好ましい。これにより、第1領域1971を構成する下地層主成分の酸化物(窒化物)は、粒界組織1974中において剥離することなく強固に密着するものとなるため、第1領域1971は、下地層主成分の拡散を抑制するという機能をより十分に発揮し得るものとなる。すなわち、粒界組織1974の酸素(窒素)含有率がこのように分布していることで、電極層193の層間の密着性の低下を抑制し、下地層主成分の拡散をより抑制することができる。

【0040】

なお、粒界組織1974の酸素(窒素)含有率の分布は、電極層193の断面について定性定量分析の線分析または面分析を行ったり、あるいは、電極層193を厚さ方向に少しづつ除去しながら定性定量分析を行うことで特定することができる。定性定量分析としては、例えばX線光電子分光分析法、2次イオン質量分析法、電子線マイクロ分析法、オージェ電子分光分析法、蛍光X線分析法等が用いられる。

また、粒子状組織1973における上層主成分の含有率は、80質量%以上であるのが好ましく、90質量%以上であるのがより好ましい。

一方、粒界組織1974における下地層主成分の含有率も、80質量%以上であるのが好ましく、90質量%以上であるのがより好ましい。

【0041】

図5は、図4に示す中間層197の上面を模式的に示す平面図である。

中間層197の上面には、図5に示すように、第1領域1971と第2領域1972とが露出している。前述したように、これら2つの領域が併存することで、電極層193、195の層間の密着性と、電極層193、195の厚さ方向の電気伝導性と、を両立させることができる。

【0042】

ここで、中間層197の上面における第1領域1971と第2領域1972との面積比は、特に限定されないが、1:9以上9:1以下であるのが好ましく、2:8以上8:2以下であるのがより好ましく、3:7以上7:3以下であるのがさらに好ましい。このような比率であれば、電極層193、195の層間の密着性と、電極層193、195の厚さ方向の電気伝導性と、をより高度に両立させることができる。すなわち、第1領域1971と第2領域1972との面積比が前記下限値を下回る場合、中間層197の上面では上層主成分が支配的になるため、電気伝導性の向上が図られる一方、下地層主成分の拡散を十分に抑制することができず、経時的に上層198へ向かって下地層主成分が拡散してしまい、経時的に電気伝導性が低下したり電極層193、195と導電性接着剤161、162との密着性が低下したりするおそれがある。一方、第1領域1971と第2領域1972との面積比が前記上限値を上回る場合、中間層197の上面では下地層主成分が支配的になるため、電気伝導性が低下するおそれがある。

【0043】

なお、中間層197の上面における第1領域1971と第2領域1972との面積比は、定性定量分析の線分析または面分析を行うことで特定することができる。定性定量分析としては、例えば前述した酸素含有率の分布の特定方法と同様の方法が用いられる。また、電極層193、195の縦断面に対して定性定量分析を行い、中間層197の上面近傍についての分析結果(原子比)から、第1領域1971と第2領域1972との面積比を間接的に求めるようにしてもよい。

【0044】

中間層197の平均厚さは、上層198の平均厚さの5%以上200%以下であるのが

10

20

30

40

50

好ましく、10%以上150%以下であるのがより好ましく、20%以上120%以下であるのがさらに好ましい。中間層197の平均厚さを前記範囲内に設定することで、中間層197の機能がいかんなく発揮されることとなる。

また、中間層197の平均厚さは、好ましくは5nm以上300nm以下程度とされ、より好ましくは10nm以上100nm以下程度とされる。

なお、中間層197の平均厚さも、やはり定性定量分析の線分析または面分析を行うことで特定することができ、定性定量分析としては、例えば前述した酸素含有率の分布の特定方法と同様の方法が用いられる。

#### 【0045】

以上のような3層構造を有する電極層193、195によれば、層間の密着性が高いため、機械的特性における信頼性の高い振動子1が得られる。また、中間層197の上面に、第1領域1971と第2領域1972とが存在していることにより、下地層主成分が上層198側に拡散するのを抑制しつつ、電極層193、195の厚さ方向の電気伝導性を確保することができる。したがって、本発明によれば、電極層193、195の層間における高い接合強度と厚さ方向の高い電気伝導性とを両立し得るものである。

#### 【0046】

また、圧電基板191の表面に形成された一対の電極層193、195の質量は、振動片190の振動特性を決定する要素の1つである。したがって、電極層193、195の質量を適宜変更することにより、振動片190の振動特性を所望の範囲に調整することができる。例えば、圧電基板191の表面に3層構造を有する電極層193、195を形成した後、上層198の一部を除去することにより、電極層193、195の質量が減少するため、除去前に比べて振動片190の共振周波数を高めることができる。

このような背景からすると、電極層193、195の質量は、常に一定であることが望まれ、経時的に変化することはできるだけ防止しなければならない。仮に電極層193、195の質量が経時的に変化してしまうと、振動片190の共振周波数も経時的に変化してしまい、タイミング源として不適当であるからである。

#### 【0047】

前述したように、電極層193、195を3層構造であるとともに、中間層197の上面に第1領域1971と第2領域1972とが併存していることにより、下地層主成分が上層198側に拡散することが抑制される。この下地層の主成分の拡散は経時的に進行することが予想されるため、例えば下地層主成分の拡散が電極表面に到達し酸化することによって質量が変化し、振動特性が変化してしまうことがある。よって下地層主成分の拡散を抑制することは、共振周波数の変化を防止すると言う観点から極めて重要である。よって、本発明によれば、経時的な共振周波数の変化（周波数ドリフト）を防止し得る振動子1が得られる。

#### 【0048】

一方、電極層193、195の質量を適宜変更することで、振動片190の振動特性を所望の範囲に調整することができるは前述の通りであるが、共振周波数の変化量は、電極層193、195の質量の変更量に対して非常に敏感である。したがって、共振周波数の調整にあたっては、電極層193、195の質量の変更量を厳密に制御することが必要となる。

#### 【0049】

上層198の一部を除去するには、まず、除去対象となる材料の比重をあらかじめ把握しておき、減少させるべき質量とこの比重のデータとに基づいて、除去すべき体積を算出し、その体積の上層198を除去する。したがって、質量の変更量を厳密に制御するには、除去対象となる材料の比重を厳密に把握しておくことが重要である。しかしながら、上層198の構成材料が均質でない場合、この把握が困難になる。例えば、上層198に下地層主成分が拡散している場合、上層198では上層主成分と下地層主成分とが混在した状態となる。この混在状態を制御することは非常に多くの困難を伴うことから、必然的に質量の変更量を厳密に制御することも困難になる。

10

20

30

40

50

## 【0050】

これに対し、電極層193、195によれば、下地層主成分の上層198への拡散を抑制することができる。このため、上層198を構成する材料は均質であって、かつその比重は形成時の比重からほとんど変化しない。したがって、上層198を構成する材料の比重を容易に把握することができ、上層198の質量を変更する際には、質量の変更量に対する共振周波数の変化量の関係（レート）を厳密に制御することが可能になる。よって、本発明によれば、目的とする共振周波数を有する振動子1を容易に得ることができる。

## 【0051】

## &lt;発振器&gt;

次に、本発明の電子部品の実施形態を適用した発振器について説明する。 10

図6は、本発明の電子部品の実施形態を適用した発振器を示す断面図である。

以下、発振器について説明するが、以下の説明では振動子との相違点を中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。

図6に示す発振器10は、振動片190と、振動片190を駆動するためのICチップ（チップ部品）80と、を有している。以下、発振器10について、前述した振動子との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。なお、前述した振動子と同様の構成には、同一符号を付してある。

## 【0052】

パッケージ9は、凹部911を有する箱状のベース91と、凹部911の開口を塞ぐ板状のリッド92と、を有している。 20

ベース91の凹部911は、ベース91の上面に開放する第1凹部911aと、第1凹部911aの底面の中央部に開放する第2凹部911bと、第2凹部911bの底面の中央部に開放する第3凹部911cとを有している。

## 【0053】

第1凹部911aの底面には、接続端子95が形成されている。また、第3凹部911cの底面には、ICチップ80が配置されている。ICチップ80は、振動片190の駆動を制御するための駆動回路（発振回路）を有している。ICチップ80によって振動片190の駆動を制御することにより、振動片190から所定の周波数の信号を取り出すことができる。 30

## 【0054】

また、第2凹部911bの底面には、ワイヤーを介してICチップ80と電気的に接続された複数の内部端子93が形成されている。これら複数の内部端子93には、ベース91に形成された図示しないビアを介してパッケージ9の底面に形成された外部端子（実装端子）94に電気的に接続された端子と、図示しないビアやワイヤーを介して接続端子95に電気的に接続された端子とが含まれている。

なお、図6の構成では、ICチップ80が収納空間内に配置されている構成について説明したが、ICチップ80の配置は、特に限定されず、例えばパッケージ9の外側（ベースの底面）に配置されていてもよい。

## 【0055】

## &lt;半導体素子&gt;

次に、本発明の電子部品の実施形態を適用した半導体素子について説明する。 40

図7は、本発明の電子部品の実施形態を適用した半導体素子を示す部分断面図である。なお、以下の説明では、図7中の上側を「上」、下側を「下」として説明する。

以下、半導体素子について説明するが、以下の説明では振動子との相違点を中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。また、前述した振動子と同様の構成には、同一符号を付してある。

## 【0056】

図7に示す半導体素子の電極7は、絶縁基板70とその上面に設けられた導体部72とを備えるパッケージ基板71と、パッケージ基板71の導体部72の上面に形成された電極層193と、電極層193上に設けられたはんだボール73と、を備えている。このよ 50

うな電極 7 は、例えば図示しないプリント配線基板の導体部への接続に供されるものである。

【0057】

パッケージ基板 7 1 とはんだボール 7 3 との間に電極層 193 を用いることにより、はんだボール 7 3 の固定強度の向上とはんだボール 7 3 とパッケージ基板 7 1 との間の電気伝導性の向上とを両立させることができる。したがって、本発明によれば、信頼性の高い半導体素子を得ることができる。

なお、はんだボール 7 3 は、例えば Au - Sn ボールのような他の合金製ボールで代替されてもよい。

【0058】

[電子部品の製造方法]

次に、図 4 に示す電極層 193 を形成する方法（本発明の電子部品の製造方法）について説明する。

図 8 は、図 4 に示す電極層 193 の形成方法を説明するための断面図である。

図 4 に示す電極層 193 を形成する方法は、圧電基板 191 の表面に下地層 196 を形成する工程と、下地層 196 の表面に、上層主成分を含む中間層形成層 1970 を形成する工程と、下地層主成分を中間層形成層 1970 へ拡散させる工程と、中間層形成層 1970 の表面において下地層主成分を部分的に酸化させ、中間層 197 を形成する工程と、中間層 197 の表面に上層 198 を形成する工程と、を有する。以下、各工程について順次説明する。

【0059】

[1]

まず、圧電基板 191 の表面に下地層 196 を形成する。下地層 196 の形成方法は、特に限定されないが、真空蒸着法、スパッタリング法、CVD 法のような気相成膜法、めつき法、塗布法、印刷法といった各種成膜方法が挙げられる。また、これらの成膜方法で成膜した後、必要に応じてフォトリソグラフィーおよびエッチングを用いて、所望の形状にパターニングするようにしてもよい。このようにして下地層 196 を形成することができる。

【0060】

[2]

次に、図 8 (a) に示すように、下地層 196 の表面に、上層主成分を含む中間層形成層 1970 を形成する。この中間層形成層 1970 は、上層主成分を主とするものであり、その含有率は好ましくは 90 質量 % 以上とされる。中間層形成層 1970 の形成方法も、特に限定されず、上述した下地層 196 の形成方法と同様の方法とされる。

【0061】

なお、中間層形成層 1970 を形成する際に、上層 198 と同じ条件で形成するようすれば、例えば蒸着源の変更といった手間がかからないので好ましい。この場合、中間層形成層 1970 と上層 198 とは互いに同じ材料で構成されたものとなる。

図 8 (a) に示す中間層形成層 1970 は、金属結晶からなる粒子状組織 1973 の集合体で構成されている。

【0062】

[3]

次に、図 8 (b) に示すように、下地層 196 中の下地層主成分を中間層形成層 1970 へ拡散させる。これにより、中間層形成層 1970 中に下地層主成分が分散する。なお、中間層形成層 1970 中に下地層主成分が拡散する場合、主に粒子同士の隙間といった拡散し易い箇所に集中して拡散する。例えば図 8 (b) に示すように中間層形成層 1970 が粒子状組織 1973 の集合体で構成されている場合、下地層主成分が粒子状組織 1973 同士の隙間にある程度凝集しつつ拡散するため、クラスターが形成される。このような下地層主成分の拡散の結果、中間層形成層 1970 には、厚さ方向に貫通するよう分布した粒界組織 1974 が形成される。

10

20

30

40

50

また、上記のような下地層主成分の拡散を利用する方法に代えて、あらかじめ上側主成分と下地層主成分とが混在した中間層形成層 1970 を形成するようにしてもよい。

【0063】

[4]

次に、図 8 (c) に示すように、下地層主成分が拡散した中間層形成層 1970 に酸化処理または窒化処理を施す。例えば、酸化処理は、酸化性雰囲気中で中間層形成層 1970 を加熱する方法等により行うことができる。また、窒化処理も、窒素含有雰囲気中で中間層形成層 1970 を加熱する方法等により行うことができる。酸化処理や窒化処理を施すと、中間層形成層 1970 に拡散した下地層主成分のうち、表面近傍のみに酸化反応(窒化反応)が生じる。その結果、中間層形成層 1970 中に分布した粒界組織 1974 の表面近傍に前述した第 1 領域 1971 が形成され、中間層 197 が得られる。

10

【0064】

なお、前記工程 [3] と本工程 [4] とは、異なる工程として行うようにしてもよく、同時に行うようにしてもよい。例えば、中間層形成層 1970 を加熱することにより、熱エネルギーが駆動力となって下地層主成分を拡散させつつ、さらにその上面近傍を酸化(窒化)させることができる。その結果、粒界組織 1974 と第 1 領域 1971 とをほぼ同時に形成することができる。

【0065】

中間層形成層 1970 を加熱する際の条件は、例えば温度が 130 以上 400 以下程度、時間が 1 分以上 5 時間以下程度であるのが好ましく、温度が 200 以上 300 以下程度、時間が 5 分以上 3 時間以下程度であるのがより好ましい。このような条件で加熱することにより、粒界組織 1974 のうち、表面近傍のみを部分的にかつ確実に酸化(窒化)させることができる。その結果、必要かつ十分な厚さの第 1 領域 1971 が形成され、粒界組織 1974 がそれ以上拡張することが防止される。よって、下地層主成分が上層 198 に拡散することが防止される。また、このような条件で加熱することにより、下地層主成分が中間層 197 の上面に沿って広がることが防止される。

20

【0066】

また、酸化性雰囲気としては、例えば、大気雰囲気、酸素含有雰囲気等が挙げられる。

なお、加熱条件を適宜変更することにより、下地層主成分が中間層形成層 1970 内への程度拡散するか、あるいは、中間層 197 の上面でどの程度広がるかを調整することができる。例えば、加熱温度を高くしたり加熱時間を長くしたりすることで、下地層主成分の拡散長さが長くなる。一方、加熱温度を低くしたり加熱時間を短くしたりすることで、下地層主成分の拡散長さを短くすることができる。

30

【0067】

[5]

次に、図 8 (d) に示すように、中間層 197 の表面に上層 198 を形成する。これにより、電極層 193 が形成される。上層 198 の形成方法も、特に限定されず、上述した下地層 196 の形成方法と同様の方法とされる。

【0068】

[電子機器]

次いで、本発明の電子部品を備える電子機器(本発明の電子機器)について、図 9 ~ 図 11 に基づき、詳細に説明する。

40

図 9 は、本発明の電子部品を備える電子機器を適用したモバイル型(またはノート型)のパーソナルコンピューターの構成を示す斜視図である。この図において、パーソナルコンピューター 1100 は、キーボード 1102 を備えた本体部 1104 と、表示部 100 を備えた表示ユニット 1106 とにより構成され、表示ユニット 1106 は、本体部 1104 に対しヒンジ構造部を介して回動可能に支持されている。このようなパーソナルコンピューター 1100 には、フィルター、共振器、基準クロック等として機能する振動子(電子部品) 1 が内蔵されている。

【0069】

50

図10は、本発明の電子部品を備える電子機器を適用した携帯電話機（PHSも含む）の構成を示す斜視図である。この図において、携帯電話機1200は、複数の操作ボタン1202、受話口1204および送話口1206を備え、操作ボタン1202と受話口1204との間には、表示部100が配置されている。このような携帯電話機1200には、フィルター、共振器等として機能する振動子（電子部品）1が内蔵されている。

【0070】

図11は、本発明の電子部品を備える電子機器を適用したデジタルスチルカメラの構成を示す斜視図である。なお、この図には、外部機器との接続についても簡易的に示されている。ここで、通常のカメラは、被写体の光像により銀塩写真フィルムを感光するのに対し、デジタルスチルカメラ1300は、被写体の光像をCCD（Charge Coupled Device）等の撮像素子により光電変換して撮像信号（画像信号）を生成する。

10

【0071】

デジタルスチルカメラ1300におけるケース（ボディー）1302の背面には、表示部が設けられ、CCDによる撮像信号に基づいて表示を行う構成になっており、表示部は、被写体を電子画像として表示するファインダーとして機能する。また、ケース1302の正面側（図中裏面側）には、光学レンズ（撮像光学系）やCCDなどを含む受光ユニット1304が設けられている。

【0072】

撮影者が表示部に表示された被写体像を確認し、シャッターボタン1306を押下すると、その時点におけるCCDの撮像信号が、メモリー1308に転送・格納される。また、このデジタルスチルカメラ1300においては、ケース1302の側面に、ビデオ信号出力端子1312と、データ通信用の入出力端子1314とが設けられている。そして、図示されるように、ビデオ信号出力端子1312にはテレビモニター1430が、データ通信用の入出力端子1314にはパーソナルコンピューター1440が、それぞれ必要に応じて接続される。さらに、所定の操作により、メモリー1308に格納された撮像信号が、テレビモニター1430や、パーソナルコンピューター1440に出力される構成になっている。このようなデジタルスチルカメラ1300には、フィルター、共振器等として機能する振動子（電子部品）1が内蔵されている。

20

【0073】

なお、本発明の電子部品を備える電子機器は、図9のパーソナルコンピューター（モバイル型パーソナルコンピューター）、図10の携帯電話機、図11のデジタルスチルカメラの他にも、例えば、インクジェット式吐出装置（例えばインクジェットプリンター）、ラップトップ型パーソナルコンピューター、テレビ、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダー、カーナビゲーション装置、ページャー、電子手帳（通信機能付も含む）、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサー、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、POS端末、医療機器（例えば電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡）、魚群探知機、各種測定機器、計器類（例えば、車両、航空機、船舶の計器類）、ライトシミュレーター等に適用することができる。

30

【0074】

【移動体】

次に、本発明の電子部品を備える移動体（本発明の移動体）について説明する。

図12は、本発明の移動体の一例としての自動車を概略的に示す斜視図である。自動車1500には、振動子（電子部品）1が搭載されている。振動子1は、キーレスエントリー、イモビライザー、カーナビゲーションシステム、カーエアコン、アンチロックブレーキシステム（ABS）、エアバック、タイヤ・プレッシャー・モニタリング・システム（TPMS: Tire Pressure Monitoring System）、エンジンコントロール、ハイブリッド自動車や電気自動車の電池モニター、車体姿勢制御システム等の電子制御ユニット（ECU: electronic control unit）に広く適用できる。

40

【0075】

50

以上、本発明について、好適な実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。

また、本発明においては、上述した実施形態に任意の構成物が付加されていてもよく、各実施形態が適宜組み合わされていてもよい。

また、本発明の電子部品は、前記実施形態において説明した振動子、発振器および半導体素子の他、いかなる電子部品であってもよい。具体的には、抵抗素子、コンデンサー、コイル、センサー素子、発光素子、受光素子、圧電素子等が挙げられる。

【実施例】

【0076】

次に、本発明の具体的実施例について説明する。

1. 電極サンプルの製造

(実施例1)

[1] まず、水晶基板を用意し、その上に蒸着法によりクロムを成膜した。これにより下地層を得た。

[2] 次いで、下地層上に蒸着法により金を成膜した。これにより中間層形成層を得た。

【0077】

[3] 次いで、中間層形成層に対し、大気下において260 × 10分間の加熱処理を施した。これにより、下地層中のクロムが中間層形成層中に拡散するとともに、拡散したクロムの表面近傍を酸化させ、中間層を得た。

[4] 次いで、中間層上に蒸着法により金を成膜した。これにより上層を得た。

【0078】

このようにして、3層構造の電極層を備えた電極サンプルを製造した。電極層の構造は、以下の通りである。

<電極層の構造>

- ・下地層主成分 : クロム
- ・下地層の平均厚さ : 7 nm
- ・中間層の構成成分 : クロム + 金
- ・中間層の平均厚さ : 20 nm
- ・上層主成分 : 金
- ・上層の平均厚さ : 193 nm

【0079】

(実施例2)

中間層の平均厚さを100 nmに変更するとともに、上層の平均厚さを113 nmに変更した以外は、実施例1と同様にして電極サンプルを製造した。

(実施例3)

上層主成分を白金( Pt )に変更した以外は、実施例1と同様にして電極サンプルを製造した。

(実施例4)

下地層主成分をニッケル( Ni )に変更した以外は、実施例1と同様にして電極サンプルを製造した。

【0080】

(比較例1)

水晶基板上に下地層を形成した後、中間層形成層の形成および加熱処理をそれぞれ省略し、下地層の上に上層を形成することにより、2層構造の電極層を形成するようにした以外は、実施例2と同様にして電極サンプルを製造した。

(比較例2)

水晶基板上に下地層および中間層形成層を形成した後、加熱処理を省略し、その上に上層を形成することにより、3層構造の電極層を形成するようにした以外は、実施例2と同

10

20

30

40

50

様にして電極サンプルを製造した。なお、電極層の構造は、以下の通りである。

<電極層の構造>

- ・下地層主成分 : クロム
- ・下地層の平均厚さ : 7 nm
- ・中間層形成層の構成成分 : 金
- ・中間層形成層の平均厚さ : 20 nm
- ・上層主成分 : 金
- ・上層の平均厚さ : 193 nm

【0081】

(比較例3)

10

水晶基板上に平均厚さ30μmの下地層形成層を形成した後、表面全体に酸化処理を施して酸化被膜を形成してクロムを主成分とする下地層と酸化クロムからなる中間層とを形成し、次いでその上に上層を形成することにより、3層構造の電極層を形成するようにした以外は、実施例1と同様にして電極サンプルを製造した。なお、電極層の構造は、以下の通りである。

<電極層の構造>

- ・下地層主成分 : クロム
- ・下地層の平均厚さ : 10 nm
- ・中間層の構成成分 : 酸化クロム( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )
- ・中間層の平均厚さ : 20 nm
- ・上層主成分 : 金
- ・上層の平均厚さ : 200 nm

20

(参考例)

水晶基板上に上層を形成することにより、単層構造の電極層を形成するようにした以外は、実施例1と同様にして電極サンプルを製造した。

【0082】

2. 電極サンプルの評価

各実施例、各比較例および参考例で得られた電極サンプルについて、250 × 2時間の加熱処理(アニール処理)を施した。

2.1 電極層縦断面の定性定量分析

30

次いで、加熱処理後の電極サンプルの縦断面について、X線光電子分光分析法(XPS)により定性定量分析を行った。各サンプルのうち、実施例2で得られた電極サンプルについての分析結果を図13に示す。

【0083】

(中間層の表面近傍)

実施例2で得られた電極サンプルでは、図13から明らかなように、中間層にCrとAuの双方が含まれていることが認められた。そこで、Crの含有率とAuの含有率から中間層の表面近傍におけるCrとAuの存在比(原子比)は、1.5:8.5であることがわかった。

また、酸素については、中間層の表面近傍において最も含有率が高く、そこから下地層側に向かうにつれて徐々に含有率が減少していることが認められた。なお、中間層の表面近傍におけるCrの状態を分析したところ、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ であることがわかった。

40

【0084】

また、その他の実施例で得られた電極サンプルでも、概ね、図13と同様の傾向が認められた。

一方、比較例1、2では、中間層形成層の表面にCrが検出されたものの、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ は認められなかった(Cr単体であった。)。また、比較例3では、中間層において $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 状態のCrが検出されたものの、Auは検出されなかった。

【0085】

(上層の表面近傍)

50

実施例2で得られた電極サンプルでは、図13から明らかなように、上層の表面近傍においてCrが検出されなかった。このことから、実施例2で得られた電極サンプルでは、上層の表面にCrは拡散していないことが認められた。この傾向は、その他の実施例および比較例3で得られた電極サンプルでも同様であった。

一方、比較例1、2および参考例で得られた電極サンプルでは、上層の表面近傍において1原子%以上のCrが検出されたことから、上層の表面にCrが拡散していることが明らかとなった。

【 0 0 8 6 】

## 2.2 電極層の密着強度の測定

次いで、加熱処理後の電極サンプルについて、表面・界面切削法（S A I C A S）により、電極層の層間剥離強度を測定した。各サンプルのうち、実施例2、各比較例および参考例で得られた電極サンプルについての測定結果を図14に示す。

図14から明らかなように、実施例2で得られた電極サンプルの層間剥離強度は、各比較例や参考例のそれと比べて十分に大きいことが認められた。また、その他の実施例についても比較したが、図14と同様の傾向を示していた。

【 0 0 8 7 】

### 2.3 電極層の電気伝導性の評価

次いで、加熱処理後の電極サンプルについて、電極層の厚さ方向の導電率を測定し、評価した。

その結果、各実施例で得られた電極サンプルの電極層の厚さ方向の導電率は、各比較例および参考例で得られた電極サンプルのそれと比べて十分に大きいことが認められた。

【 0 0 8 8 】

以上のことから、本発明によれば、電極層の層間の高い密着強度と電極層の高い電気伝導性とを両立した電極構造を備える電子機器が得られることが明らかとなった。

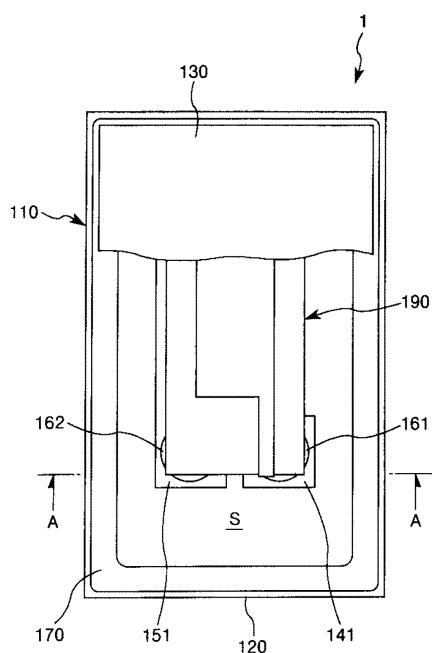
なお、酸化処理に代えて、窒化処理を行う以外、各実施例、各比較例および参考例と同様にして電極サンプルを作製し、上記のようにして評価したところ、酸化処理の場合と同様の傾向が認められた。なお、窒化処理の雰囲気には、窒素 100 % ガスを使用した。

## 【符号の説明】

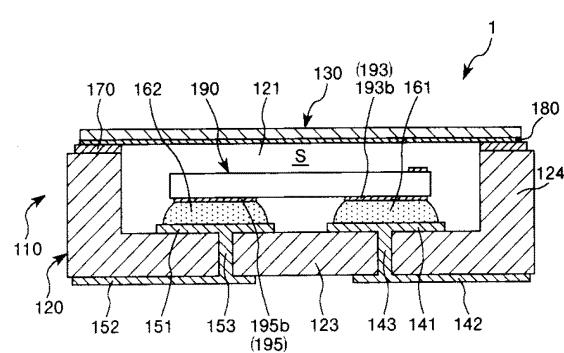
〔 0 0 8 9 〕

1 .... 振動子	1 0 .... 発振器	1 1 0 .... パッケージ	1 2 0 .... ベース	1 2 1 ....	30
凹部	1 2 3 .... 基部	1 2 4 .... 側壁	1 3 0 .... リッド	1 4 1 .... 接続電極	1 4
2 .... 外部実装電極	1 4 3 .... 貫通電極	1 5 1 .... 接続電極	1 5 2 .... 外部実装電		
極	1 5 3 .... 貫通電極	1 6 1 .... 導電性接着剤	1 6 2 .... 導電性接着剤	1 7 0 ...	
... メタライズ層	1 8 0 .... ろう材	1 9 0 .... 振動片	1 9 1 .... 圧電基板	1 9 3 ...	
... 電極層	1 9 3 a .... 励振電極	1 9 3 b .... ボンディングパッド	1 9 3 c .... 配線		
1 9 5 .... 電極層	1 9 5 a .... 励振電極	1 9 5 b .... ボンディングパッド	1 9 5		
c .... 配線	1 9 6 .... 下地層	1 9 7 .... 中間層	1 9 7 0 .... 中間層形成層	1 9 7	
1 .... 第1領域	1 9 7 2 .... 第2領域	1 9 7 3 .... 粒子状組織	1 9 7 4 .... 粒界組		
織	1 9 8 .... 上層	7 .... 電極	7 0 .... 絶縁基板	7 1 .... パッケージ基板	7 2 ...
... 導体部	7 3 .... はんだボール	8 0 .... ICチップ	9 .... パッケージ	9 1 .... ベ	40
ース	9 1 1 .... 凹部	9 1 1 a .... 第1凹部	9 1 1 b .... 第2凹部	9 1 1 c .... 第	
3 凹部	9 2 .... リッド	9 3 .... 内部端子	9 4 .... 外部端子	9 5 .... 接続端子	1
0 0 .... 表示部	1 1 0 0 .... パーソナルコンピューター	1 1 0 2 .... キーボード	1		
1 0 4 .... 本体部	1 1 0 6 .... 表示ユニット	1 2 0 0 .... 携帯電話機	1 2 0 2 ....		
操作ボタン	1 2 0 4 .... 受話口	1 2 0 6 .... 送話口	1 3 0 0 .... ディジタルスチル		
カメラ	1 3 0 2 .... ケース	1 3 0 4 .... 受光ユニット	1 3 0 6 .... シャッターボタ		
ン	1 3 0 8 .... メモリー	1 3 1 2 .... ビデオ信号出力端子	1 3 1 4 .... 入出力端子		
1 4 3 0 .... テレビモニター	1 4 4 0 .... パーソナルコンピューター	1 5 0 0 ....			
自動車	5 .... 収納空間				

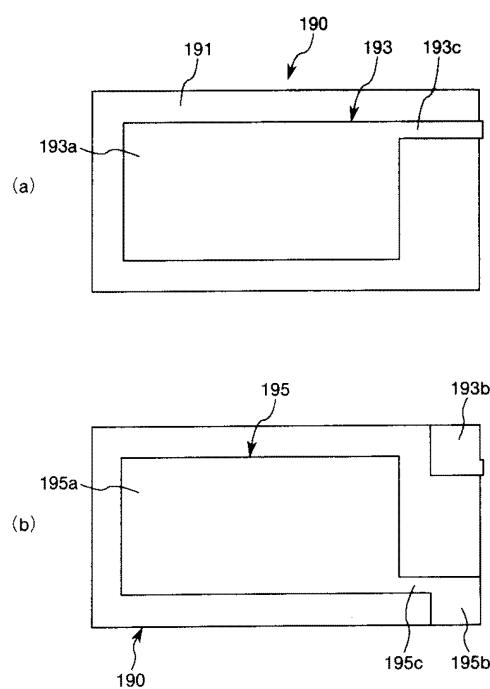
【図1】



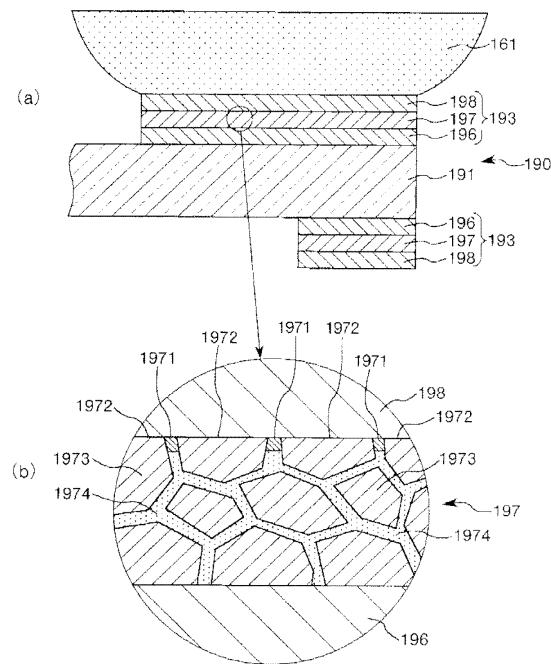
【図2】



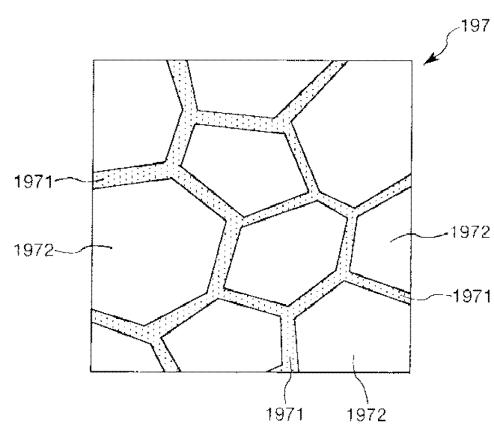
【図3】



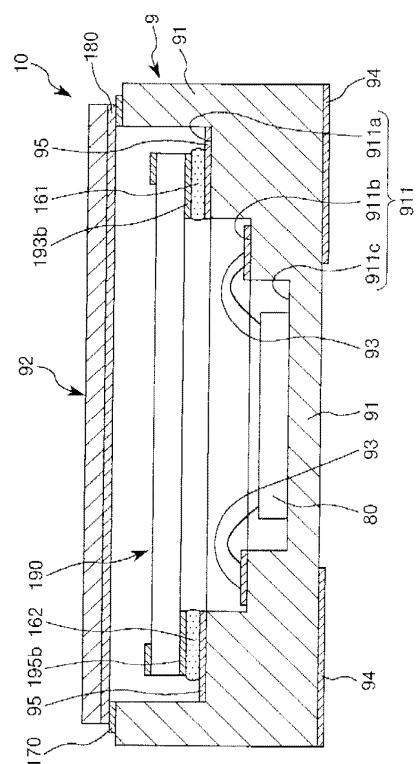
【図4】



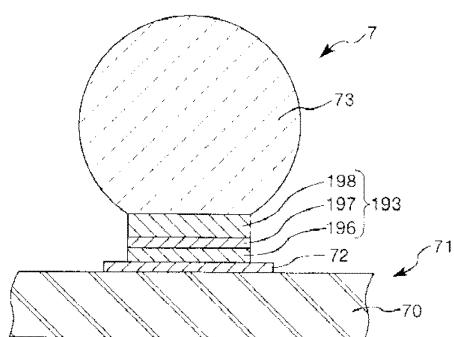
【 5 】



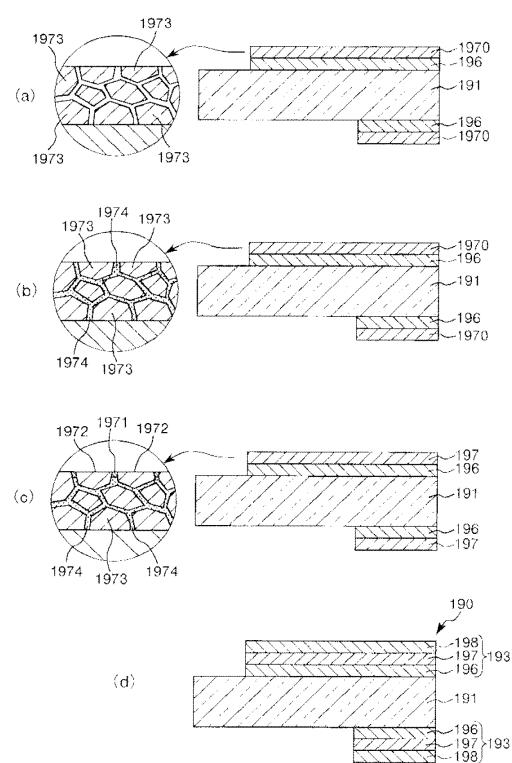
【 义 6 】



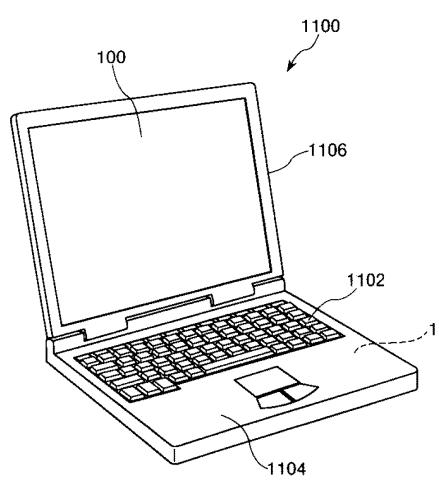
【 四 7 】



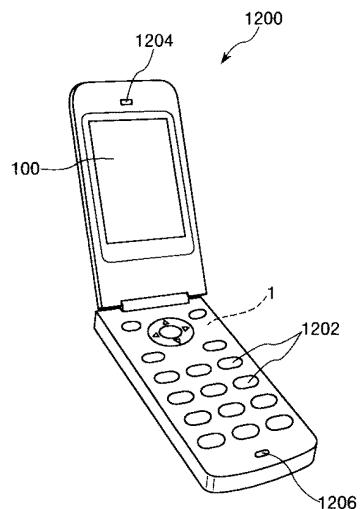
【 四 8 】



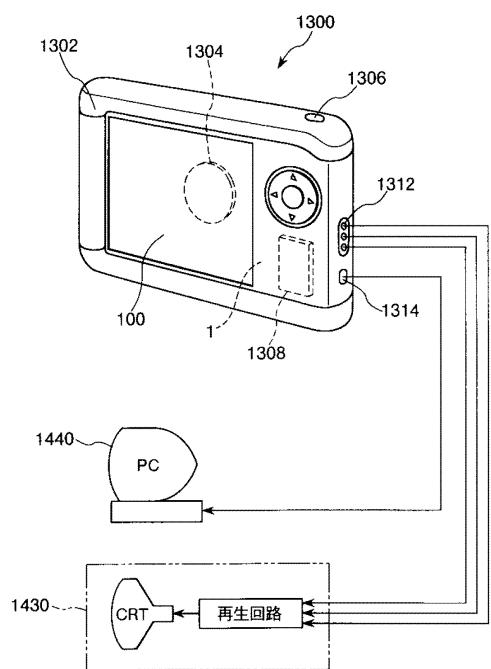
【図9】



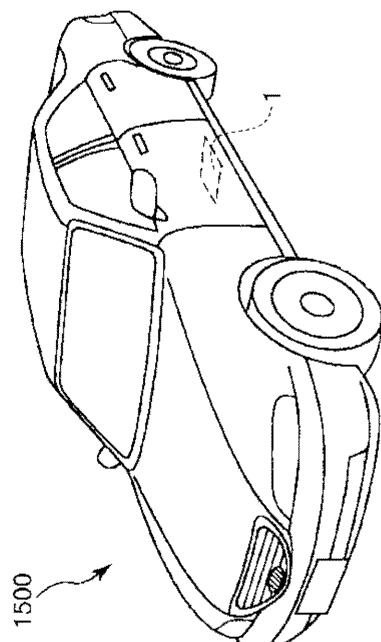
【図10】



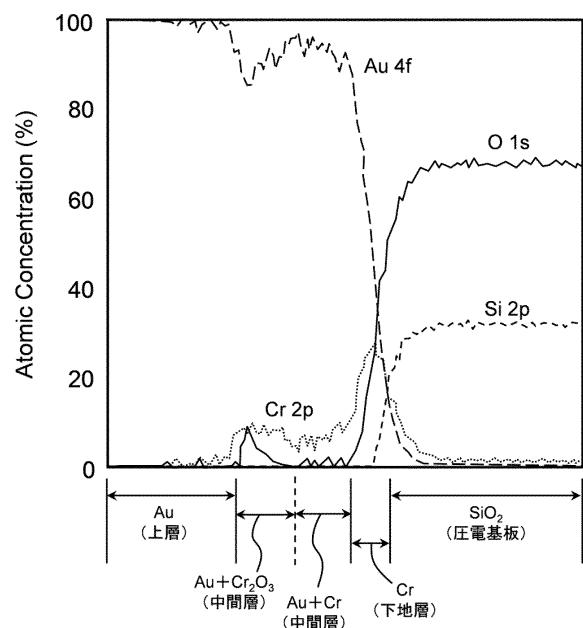
【図11】



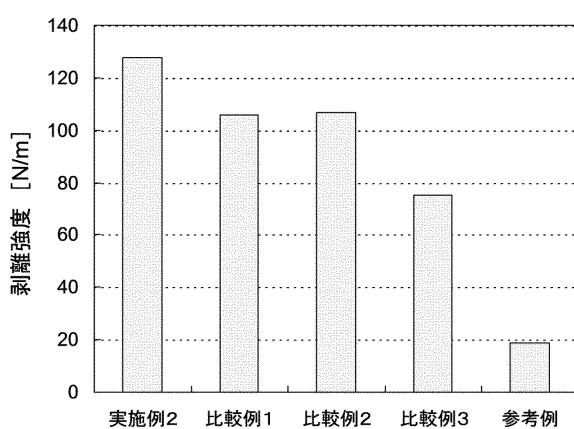
【図12】



【図13】



【図14】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-205898(JP, A)  
国際公開第97/011526(WO, A1)  
特開2004-153654(JP, A)  
特開2005-136705(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 03 H	9 / 19
H 03 B	5 / 32
H 03 H	3 / 02
H 03 H	9 / 10